

Reference 1

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **02096324 A**
 (43) Date of publication of application: **09.04.1990**

(51) Int. Cl. **H01L 21/205**

(21) Application number: **63248311**
 (22) Date of filing: **30.09.1988**

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**
 (72) Inventor: **YAMAZAKI SUSUMU**

(54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE AND VAPOR GROWTH DEVICE USED FOR IT

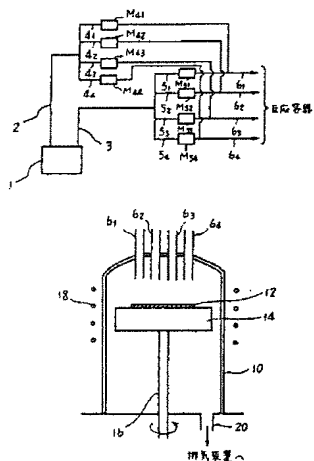
(57) Abstract:

PURPOSE: To enable a semiconductor crystal with a uniform film thickness distribution to grow by controlling the density and flow rate distribution of a growth material gas on the surface of a substrate externally and individually.

CONSTITUTION: A substrate 12 is rotated about an axis 16 which is vertical to the surface within a vapor growth container and a carrier gas and a growth material gas supplied from a gas supply source 1 is made to flow to N flow paths 4 and 5 ($N \geq 2$) where flow controlling means are provided halfway through each, thus enabling the flow in each flow path 4 and 5 to be regulated. Then, the carrier gas and the regulated growth material gas merge for each pair of flow paths 4 and 5 and the merged N pairs of carrier gas and growth material gas are sprayed to the surface in the substantially vertical direction through separate N flow paths 61 to 64 arranged on a straight line crossing a rotary axis 16 of the substrate 1 at right angles. Namely, the

flow of the carrier gas and the growth material gas to be supplied is controlled externally. It allows the film thickness distribution on the surface of the substrate 1 to be controlled, thus forming a semiconductor crystal in uniform film thickness on the large-area substrate 1 with improved reproduction properties.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-96324

⑬ Int. Cl.⁵
H 01 L 21/205

識別記号 庁内整理番号
7739-5F

⑭ 公開 平成2年(1990)4月9日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体装置の製造方法およびそれに用いる気相成長装置

⑯ 特 願 昭63-248311

⑰ 出 願 昭63(1988)9月30日

⑱ 発 明 者 山 崎 進 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一

明 細 書

1 発明の名称

半導体装置の製造方法およびそれに用いる気相成長装置

2 特許請求の範囲

(1) 半導体結晶が生成される一表面を有する基板を、気相成長容器内において、該表面に垂直な軸を中心にして回転する工程と、

ガス供給源から供給されるキャリアガスおよび成長原料ガスのそれぞれを、各々の途中に流量調節手段が設けられたN個($N \geq 2$)の流路に分流して各々の該流路における流量を調節したのち、流量調節された該キャリアガスと該成長原料ガスを一対の該流路ごとに合流する工程と、

合流されたN対の該キャリアガスと成長原料ガスを、該基板の回転軸と直角に交差する一直線上に配列された別のN個の流路を通じて且つ該表面に対して実質的に垂直方向から吹き付けられるようにして、該気相成長容器内に導入する工程

とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

(2) 半導体結晶が生成される一表面を有する基板を載置するとともに該基板をその表面に垂直な軸を中心にして回転可能な機構を内部に備えた気相成長容器と、

キャリアガスを送出する送出口および成長原料ガスを送出する送出口有するガス供給源と、

その途中に設けられた流量調節手段、および、該キャリアガス送出口に接続された一端、および、他端をそれぞれ有するN個($N \geq 2$)のキャリアガス分流管と、

その途中に設けられた流量調節手段、および、該成長原料ガス送出口に接続された一端、および、他端とをそれぞれ有するN個($N \geq 2$)の成長原料ガス分流管と、

一対の該キャリアガス分流管および成長原料ガス分流管のそれぞれの前記他端に接続された一端、および、該気相成長容器に接続されるとともに該気相成長容器内に延伸する他端をそれぞれ有し、該気相成長容器内に延伸した各々の該他端は

前記基板の回転軸に直角な一直線上に且つ回転にある該基板の表面に対して実質的に垂直方向から前記キャリアガスと成長原料ガスから成る混合ガスを吹き付けるように配置されたN個の混合ガス分流管とを備えたことを特徴とする気相成長装置。

3 発明の詳細な説明

(概要)

半導体装置の製造方法、とくに、有機金属気相成長(MOVPE; Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)法およびそのための装置に関し、

基板上における成長原料ガスの濃度および流速分布に起因する膜厚分布の不均一性を低減可能な製造方法および装置を提供することを目的とし、

半導体結晶が生成される一表面を有する基板を、気相成長容器内において、該表面に垂直な軸を中心にして回転し、ガス供給源から供給されるキャリアガスおよび成長原料ガスのそれぞれを、各々の途中に流量調節手段が設けられたN個($N \geq 2$)の

流路に分流して各々の該流路における流量を調節したのち、流量調節された該キャリアガスと該成長原料ガスを一対の該流路ごとに合流し、合流されたN対の該キャリアガスと成長原料ガスを、該基板の回転軸と直角に交差する一直線上に配列された別のN個の流路を通じて且つ該表面に対して実質的に垂直方向から吹き付けられるようにして、該気相成長容器内に導入することから構成される。

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体装置の製造方法、とくに、有機金属気相成長(MOVPE; Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)法およびそのための装置に関する。

(従来の技術)

例えば、 $1 \mu\text{m}$ 帯の光素子用の材料となるInPやInGaAs、あるいは、高速電子素子用の材料となるGaAsやAlGaAsP等の単結晶膜を形成する方法として、有機金属気相成長(MOVPE)法の研究開発が盛んに行われている。MOVPE法は、基板を設置し

た反応容器内部に原料物質としてインジウム(In)、ガリウム(Ga)、アルミニウム(Al)等の気体状の有機化合物と、磷(P)、砒素(As)等の、一般には水素化合物とを導入して反応させることにより、基板上に所望の化合物半導体結晶を成長させるものであって、得られる結晶膜の均一性が良好であり、また、急峻なヘテロ界面を比較的容易に形成可能である利点を有する。しかしながら、実用規模の大きさを有する基板に、組成、膜厚あるいは結晶性について均一な化合物半導体膜を再現性よく形成することは未だ困難な状況にある。

(発明が解決しようとする課題)

上記のMOVPE法においては、供給された原料ガスが結晶成長とともに消費される結果、反応容器内におけるその輸送経路の下流にゆくにしたがって濃度(または分圧)が低くなり結晶成長速度が低下するため、生成される半導体結晶膜の膜厚分布に不均一性を生じる。また、結晶成長速度に対しては、上記のような原料ガスの濃度の他に、基

板表面における原料ガスの流速が影響する。

とくに、成長原料ガスを基板面に対して垂直方向に輸送する方式のMOVPE法(以下これを縦型MOVPE法と称する)においては、基板表面におけるガスの流れが複雑であるために、成長原料ガスの濃度分布および流速分布が不均一になりやすく、したがって、基板上における膜厚分布の不均一性が大きくなりやすい。このため、縦型MOVPE法においては、通常、基板をその表面に対して垂直な軸を中心として回転させることにより、上記のような不均一性を少なくすることが図られている。均一性を向上するその他の方法として、反応容器の形状、あるいは、基板を載置・回転させるサセプタの形状などの形状パラメータを制御するもの、また、原料ガスの輸送経路において基板の上流に特殊な形状を有する障害物を設置して攪拌効果を生じさせることにより、濃度分布の均一化を図るもの等がある。

しかしながら、上記のような形状パラメータを最適化する方法においては、気相成長装置の設計

および製作に要する時間と費用が大きく、また、成長原料ガスの種類および組合せによって最適化条件が同一でない場合があるため、例えば異種の化合物半導体結晶膜を複数積層させる場合には充分な最適化ができない等の問題があった。

本発明は、上記従来のMOVPE法における問題点に鑑み、基板表面における成長原料ガスの濃度分布および流速分布を外部から個別に制御可能とすることにより、均一な膜厚分布を有する半導体結晶を成長可能な方法および装置を提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

上記目的は、半導体結晶が生成される一表面を有する基板を、気相成長容器内において、該表面に垂直な軸を中心にして回転し、ガス供給源から供給されるキャリアガスおよび成長原料ガスのそれぞれを、各々の途中に流量調節手段が設けられた N 個($N \geq 2$)の流路に分流して各々の該流路における流量を調節したのち、流量調節された該キ

リヤガスと該成長原料ガスを一対の該流路ごとに合流し、合流された N 対の該キャリアガスと成長原料ガスを、該基板の回転軸と直角に交差する一直線上に配列された別の N 個の流路を通じて且つ該表面に対して実質的に垂直方向から吹き付けられるようにして、該気相成長容器内に導入する諸工程を含むことを特徴とする本発明に係る半導体装置の製造方法、および、半導体結晶が生成される一表面を有する基板を載置するとともに該基板をその表面に垂直な軸を中心にして回転可能な機構を内部に備えた気相成長容器と、キャリアガスを送出する送出口および成長原料ガスを送出する送出口有するガス供給源と、その途中に設けられた流量調節手段、および、該キャリアガス送出口に接続された一端、および、他端をそれぞれ有する N 個($N \geq 2$)のキャリアガス分流管と、その途中に設けられた流量調節手段、および、該成長原料ガス送出口に接続された一端、および、他端とをそれぞれ有する N 個($N \geq 2$)の成長原料ガス分流管と、一対の該キャリアガス分流管および成長原料

ガス分流管のそれぞれの前記他端に接続された一端、および、該気相成長容器に接続されるとともに該気相成長容器内に延伸する他端をそれぞれ有し、該気相成長容器内に延伸した各々の該他端は前記基板の回転軸に直角な一直線上に且つ回転にある該基板の表面に対して実質的に垂直方向から前記キャリアガスと成長原料ガスから成る混合ガスを吹き付けるように配置された N 個の混合ガス分流管とを備えたことを特徴とする本発明に係る気相成長装置によって達成される。

(作 用)

その表面に垂直な軸を中心として回転する基板面に対して一直線上に配列された複数の分流管を配置し、それぞれのガス分流管からキャリアガスによって所定濃度に希釈された成長原料ガスを所定流量で基板表面に対して垂直に吹き付けることにより、基板表面に均一な膜厚の半導体結晶を生成することができる。

上記のような、複数の分流管を一直線上に配列、

それぞれの分流管から送出される原料ガスの流量を制御する思想は、本出願人によりすでに出願されている。(特願昭62-299158,昭和62年11月27日付)

本発明は、上記出願における各分流管から送出される原料ガスの流量に加え濃度をも個別に制御可能としたものである。

従来、模型の気相成長反応管内において、ガス導入口側での成長原料ガスの消費により、下流に行くほど濃度が低下し、その結果、成長速度が遅くなり、膜厚分布が不均一になることを防止するために、反応管の管軸に沿って複数の原料ガス供給補助ノズルを設けて、上流部における消費を補償する方法がある。(特開昭55-158623)

また、二種の成長原料ガスの混合ガスが反応管内部に導入後、基板表面に達する前に反応してしまうために、成長速度が低下したり、均一な成長が行われない等の問題を解決するために、これらのガスを個別のノズルからそれぞれ分散して導入する方法が開示されている。(特開昭58-176196)

および60-189928)

上記第1の公開による発明においては、成長原料ガスは反応管内部におけるその輸送径路上での濃度分布が制御されるのみで、これに交差する方向における濃度分布、したがって、膜厚分布の制御については考慮されていない。また、上記第2および第3の公開による発明は、二種の成長原料ガスをそれぞれ複数のノズルから分散して反応管内部に供給するものであるが、分散された成長原料ガスの流量および濃度をそれぞれのノズルごとに個別に制御する思想は開示されていない。したがって、上記いずれの公開の発明によっても、基板面内における膜厚分布の均一性を十分に保証することはできない。

(実施例)

以下本発明の実施例を図面を参照して説明する。

第1図は本発明の方法および装置におけるキャリアガスおよび成長原料ガスを気相成長容器に導入するまでのガス流通経路の構成図である。以下

例えばマスフローコントローラ(M_{s1} , M_{s2} , M_{s3} , \dots , M_{sN} ; 図においては $N=4$)によりそれぞれの流量が調節される。

上記のようにしてキャリアガス分流通管4および成長原料ガス分流通管5に分流され、かつ、マスフローコントローラ(M)により流量調節されたキャリアガスおよび成長原料ガスは、各々一ずつ対にされたキャリアガス分流通管4および成長原料ガス分流通管5ごとに合流され、それぞれのキャリアガス分流通管4—成長原料ガス分流通管5対に接続されている混合ガス分流通管 6_1 , 6_2 , 6_3 , \dots , 6_N

(図においては $N=4$)を通じて、図示しない気相成長容器に導入される。

第2図は上記気相成長容器の構成を示す模式的断面図であって、例えば石英管10の内部には、半導体結晶が生成される基板12を載置する、例えばグラファイトから成るサセプタ14が設けられている。サセプタ14は、図示しないモータに接続された回転軸16により支持されるとともに、例えば30 rpmの速度で回転される。これにより、基板12は

第1図について、例えばInP結晶を一層成長させる場合を例に説明する。

図において、符号1はガス供給源1であり、キャリアガス送出口2から、例えば水素ガス(H_2)が送出され、一方、成長原料ガス送出口3からは成長原料ガスとして、例えばトリメチルインジウム($(CH_3)_3In$)とホスフィン(PH_3)が1:100(モル比)で混合されたガスが送出される。上記のようにしてガス供給源1から送出されたキャリアガスは、キャリアガス送出口2に接続された複数のキャリアガス分流通管 4_1 , 4_2 , 4_3 , \dots , 4_N (図においては $N=4$)に分流される。分流通管されたキャリアガスは、各々の分流通管4の途中に設けられている、例えばマスフローコントローラ(M_{41} , M_{42} , M_{43} , \dots , M_{4N} ; 図においては $N=4$)によりそれぞれの流量が調節される。一方、成長原料ガスは、成長原料ガス送出口3に接続された複数の成長原料ガス分流通管 5_1 , 5_2 , 5_3 , \dots , 5_N (図においては $N=4$)に分流される。分流通管された成長原料ガスは、各々の分流通管5の途中に設けられている、例

その上表面に垂直な軸を中心として回転される。石英管10の外部には、例えば高周波加熱コイル18が設けられており、これにより、サセプタ14が誘導加熱され、基板12を所定温度、例えば650℃に維持する。

石英管10の上部には、第1図を参照して説明した混合ガス分流通管6が接続されている。混合分流通管 6_1 , 6_2 , 6_3 , 6_4 は、回転軸16に直交する一直線上に配列され、かつ、前記混合ガスが基板12表面に対して垂直方向から吹き付けられるように配置されている。上記構成の気相成長容器内部は、排気管20を通じて、図示しない排気装置によって排気され、所定圧力、例えば70 Torrに維持される。

上記のようにして、ガス供給源1から送出されたキャリアガスと成長原料ガスは、それぞれのキャリアガス分流通管4および成長原料ガス分流通管5を流通する間に流量が調節され、これにより、流量および分圧すなわち濃度が所望の値に制御された前記混合ガスが、回転している基板12表面に対して、それぞれの混合ガス分流通管6から吹き付け

られる。

MOVPE 法によって半導体結晶を成長させる場合、成長速度、したがって、一定時間に生成される結晶膜の膜厚は、成長原料ガスの濃度および流速に依存する。上記トリメチルインジウム(TMI)とフォスフィン(PH_3)を原料ガスとして用いるInP結晶の成長の場合には、成長速度はTMIの濃度に比例し、流速の1/2乗に比例する。したがって、上記において、それぞれのキャリアガス分流通管4および成長原料ガス分流通管5における流量を制御することにより、それぞれの混合ガス分流通管6から気相成長容器内に導入されるTMIの濃度および流速が互いに独立に、かつ、それぞれの混合ガス分流通管6ごとに個別に制御され、基板12表面におけるInP結晶膜の膜厚分布を制御可能となる。

第3図は上記混合ガス分流通管6から基板12に吹き付けられる前記混合ガスの流れを模式的に示す斜視図、また、第4図は、直径2インチの基板12表面におけるInP結晶の膜厚分布の例である。第4図の膜厚分布は、混合ガス分流通管6からの前記

混合ガス中におけるTMIの濃度を、両側部の混合ガス分流通管すなわち第3図における符号6₁および6₄で相対的に高くした場合である。なお、各々の混合ガス分流通管6を流れる前記混合ガスの流量はすべて等しくし、かつ、すべての混合分流通管6を流れる前記混合ガスの総流量は一定としている。

第4図に示す曲線4-1は第3図におけるA-A方向、すなわち、混合ガス分流通管6の配列方向における分布、また、曲線4-2は第3図におけるB-B方向、すなわち、混合ガス分流通管6の配列に直交な方向における分布を示す。第3図および第4図ともに基板12を回転しない状態に対応する。

第4図に示すように、両側部の混合ガス分流通管6₁および6₄におけるTMIの濃度を高くすることにより、A-A方向では、基板12周辺部における膜厚が相対的に大きくなる。一方、B-B方向では、基板12周辺部に近づくほど膜厚が小さくなる。したがって、上記のようににおいて基板12を回転させれば、膜厚分布が平均化され、基板12全面に均一な膜厚のInP結晶を形成することができる。上記本

発明の効果は、TMIの濃度および流量を同時に制御した場合に最も顕著に発揮され、InP結晶の膜厚分布として $2\mu\text{m} \pm 0.02\mu\text{m}$ が得られ、従来の方法および装置により得られた膜厚分布 $2\mu\text{m} \pm 0.06\mu\text{m}$ に比べて均一性が向上されている。

上記において、混合ガス分流通管6の配置は、基板12の回転軸に関して対称である場合に限定されず、例えば基板12の半径上に配列し、基板周辺部に対応する混合ガス分流通管6におけるTMI濃度または流量を相対的に大きくしてもよい。最も簡単な例は、第4図において混合ガス分流通管6₂と6₃を省略した構成であり、この場合には前記Nの値は2となる。また、上記実施例においては、InPのような化合物半導体結晶を成長させる場合を示したが、本発明は、例えばシラン(SiH_4)等の熱分解によりシリコン結晶を成長させるような、化合物半導体以外の半導体結晶の気相成長法に対しても、同様に膜厚分布の均一な結晶を成長させる目的で適用可能である。さらに、ヘテロ接合を形成する場合のように、異種の半導体結晶から成る2層も

しくはそれ以上の多層を生成する場合には、各々の半導体ごとに上記実施例と同様に複数の成長原料ガス分流通管6とマスフローコントローラ(M)を設け、それぞれのキャリアガス分流通管5と成長原料ガス分流通管6との接続個所に異種の成長原料ガスを切り換えるための手段を設ければよい。

(発明の効果)

本発明によれば、MOVPE法による半導体結晶の成長において、成長条件ごとに気相成長容器の形状パラメータを最適値に修正することなく、供給するキャリアガスおよび成長原料ガスの流量を外部から制御するのみで、基板面における膜厚分布を制御可能とし、大面積の基板に均一な膜厚の半導体結晶を再現性よく形成可能とする効果がある。

4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の製造方法および装置におけるキャリアガスおよび成長原料ガスの流通経路の構

成図、

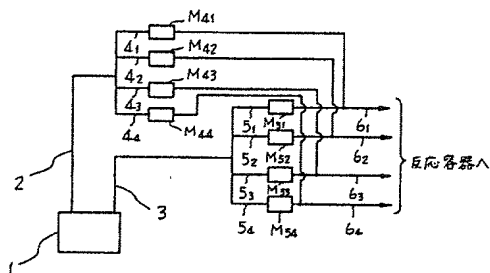
第2図は本発明における気相成長容器の構成を示す模式的断面図、

第3図は非回転状態の基板に吹き付けられた混合ガスの流れを模式的に示す斜視図、

第4図は非回転状態の基板表面に成長したInP結晶の膜厚分布の例である。

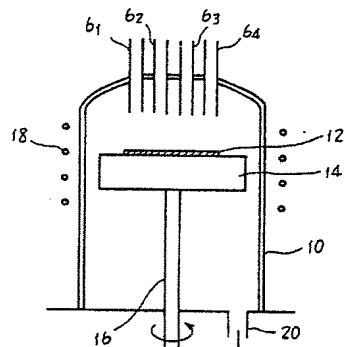
図において、

- 1 はガス供給源、
- 2 はキャリアガス送出口、
- 3 は成長原料ガス送出口、
- 4₁と4₂と4₃と4₄はキャリアガス分流管、
- 5₁と5₂と5₃と5₄は成長原料ガス分流管、
- 6₁と6₂と6₃と6₄は混合ガス分流管、
- 10 は石英管、
- 12 は基板、
- 14 はサセプタ、
- 16 は回転軸、
- 18 は高周波加熱コイル、



本発明におけるキャリアガスおよび成長原料ガスの流通経路の構成(2)

第1図



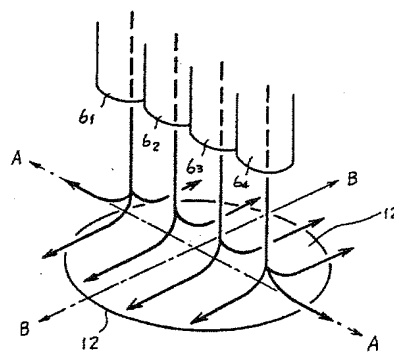
本発明における気相成長容器の構成

第2図

20は排気管、

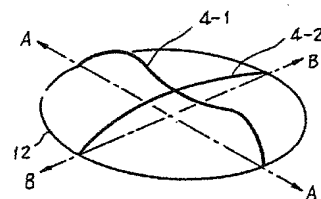
M はマスフローコントローラである。

代理人 弁理士 井桁 貞一



基板に吹き付けられた混合ガスの流れ(非回転状態)

第3図



基板表面におけるInP結晶の膜厚分布の例(非回転状態)

第4図